



*Association des Géographes Français : Climats, territoires, environnements - 21 novembre 2015*

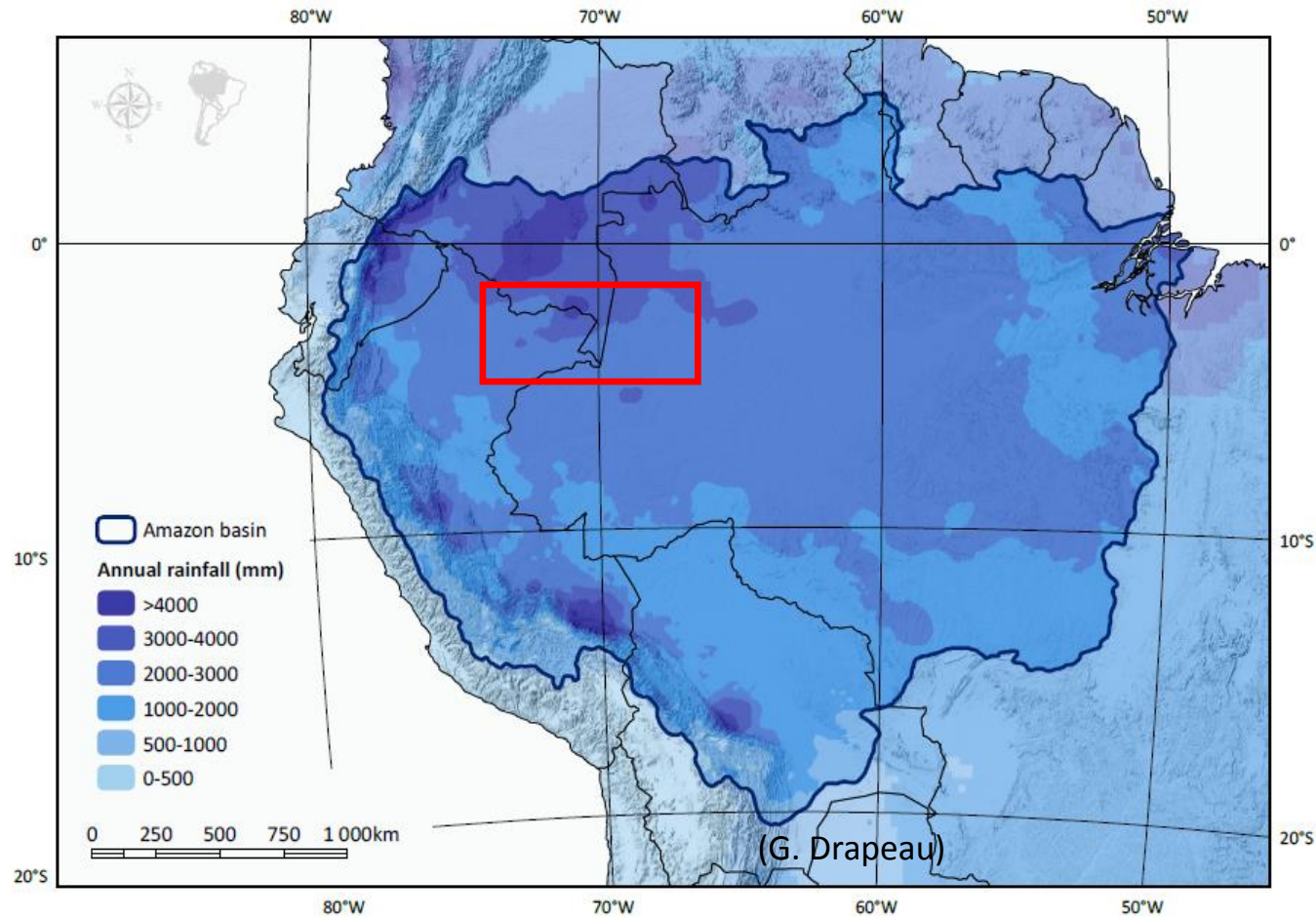
# Variabilité du climat, de l'hydrologie et agriculture dans le nord-ouest de l'Amazonie

Josyane Ronchail, Tatiana Schor, Naziano Filizola, Manon Sabot, Moises Pinto, Heitor Pinheiro, Percy Gomez Davila, Guillaume Drapeau, Jhan Carlo Espinoza, Jean-Michel Martinez, Patricia Turc, Gérard Cochonneau, William Santini

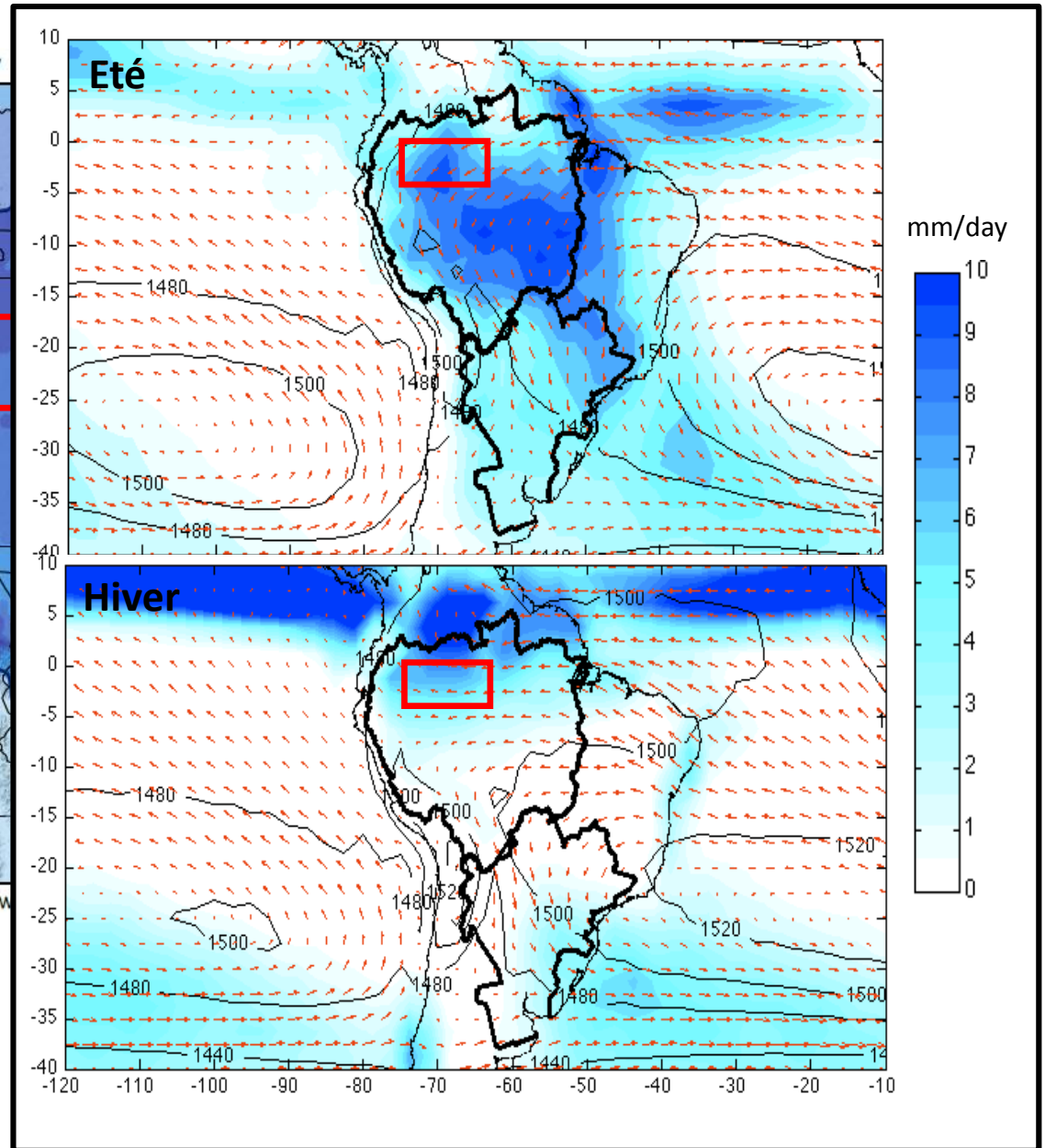
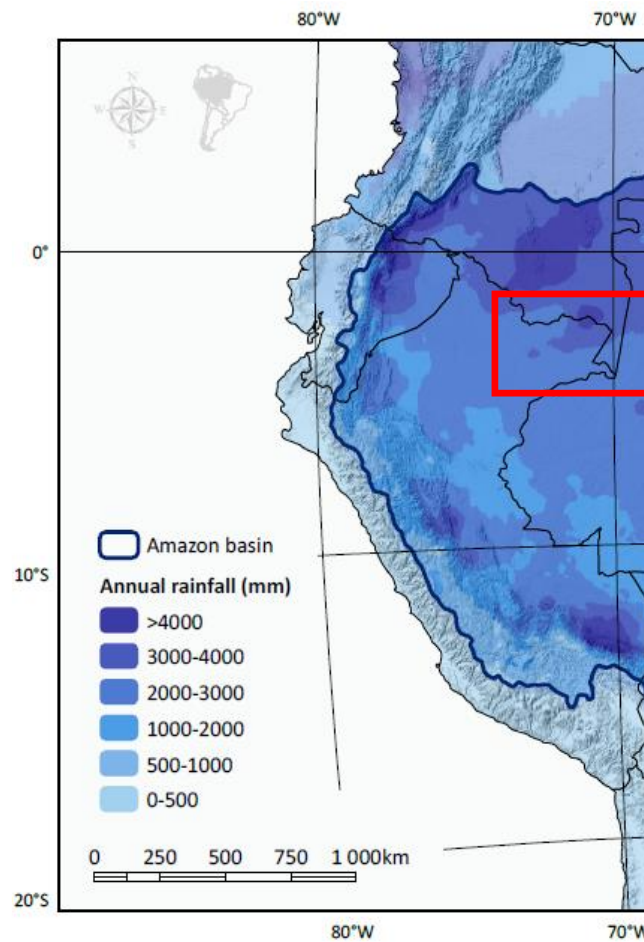


*NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS DAS CIDADES DA AMAZÔNIA BRASILEIRA*

# Une pluviométrie importante et saisonnière



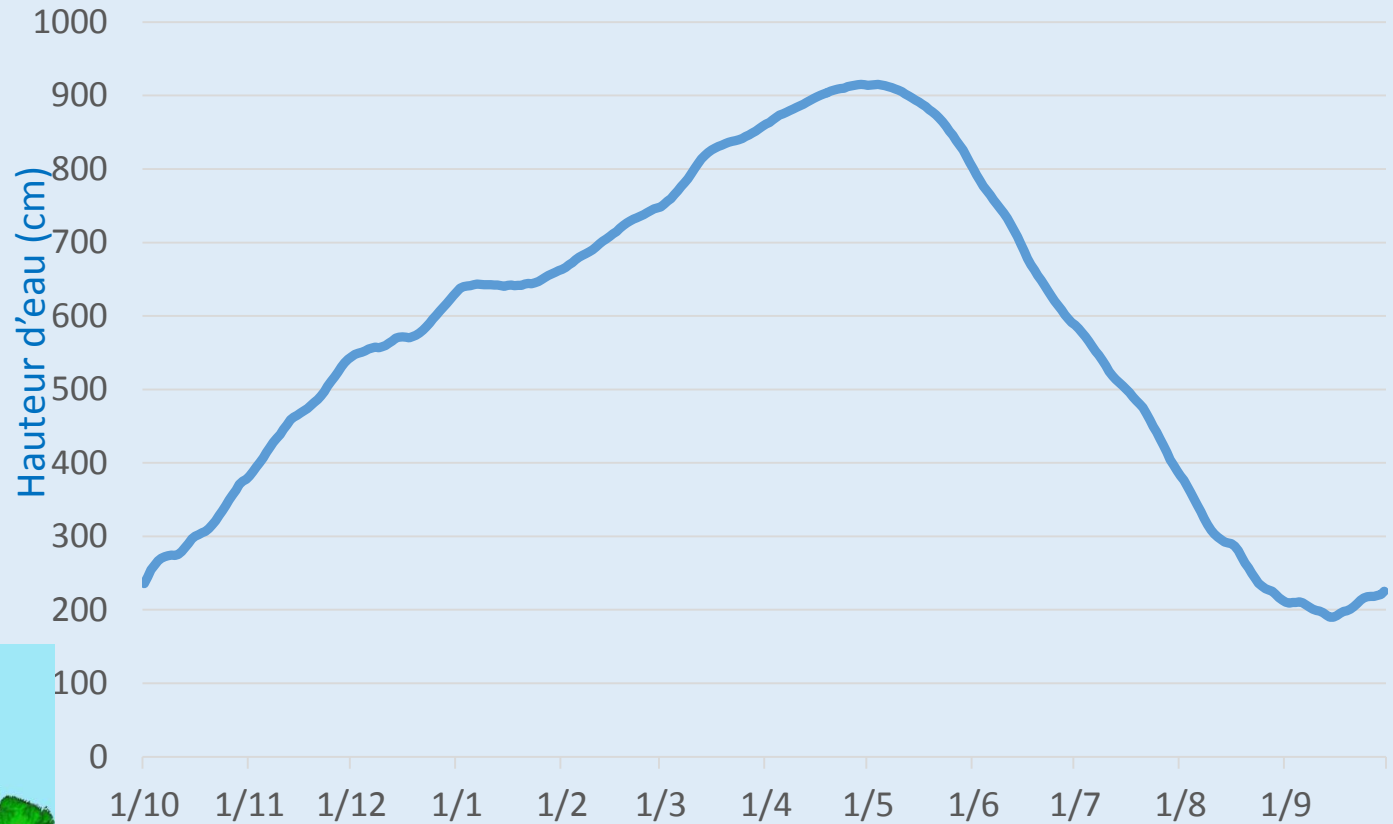
# Une pluviométrie importante et saisonnière





# Une variabilité hydrologique saisonnière importante: exemple du Rio Amazonas à Tamshiyacu

Tamshiyacu: cycle annuel (1984-2014)



# Une variabilité hydrologique saisonnière importante: exemple du Rio Amazonas à Tamshiyacu

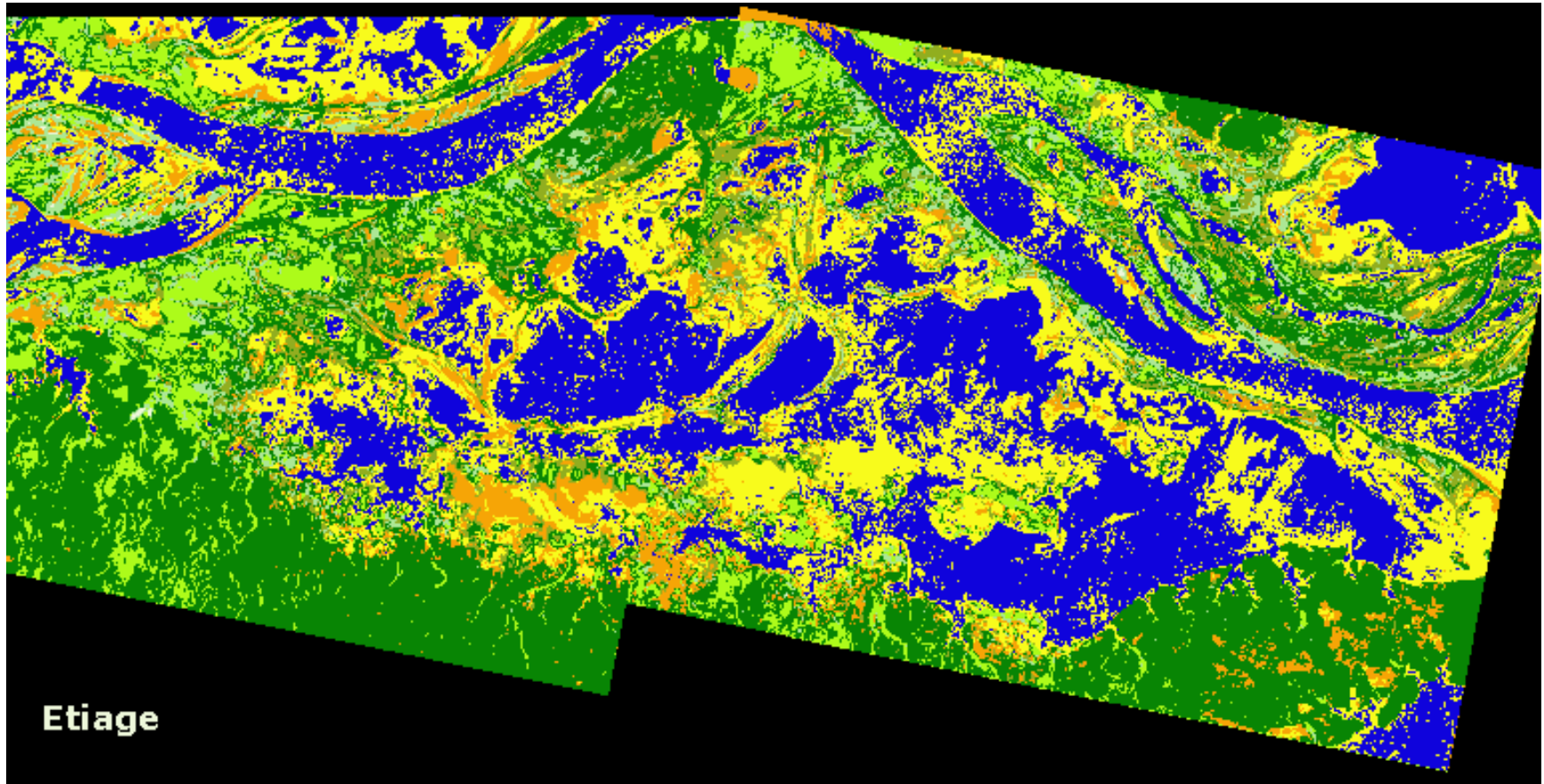


le annuel (1984-2014)





# Variabilité saisonnière des zones inondées : exemple de la varzea de Curuai (3500 km<sup>2</sup>)



Dynamiques des inondations et  
occupation du sol

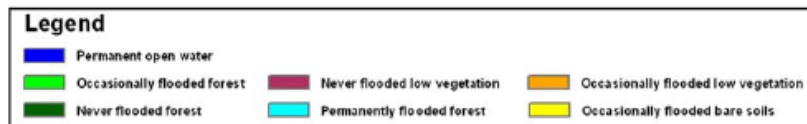
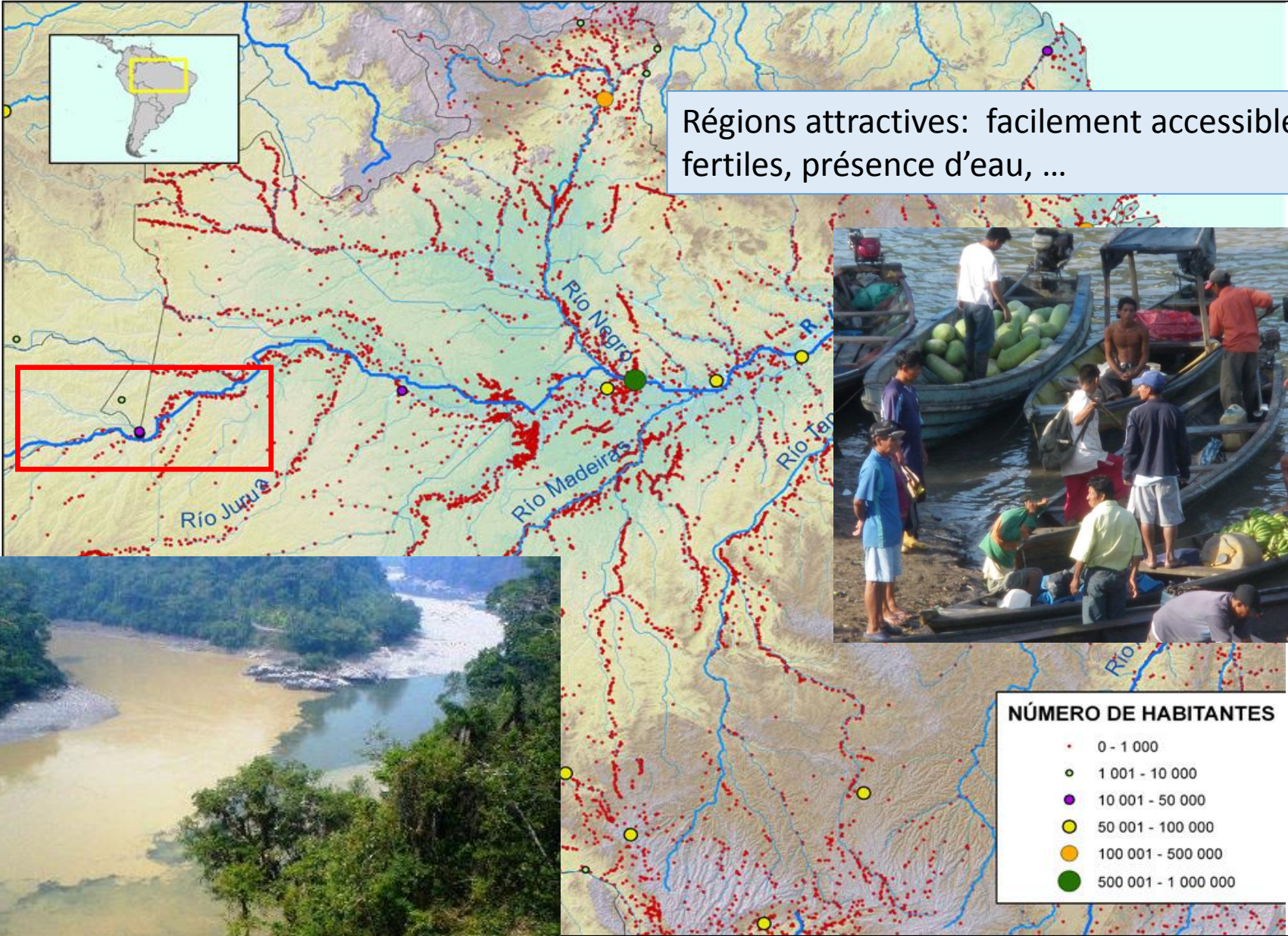


Fig. 9. Map of the Óbidos floodplain derived from the multitemporal classifier using 21 J-ERS images. The map attributes a status to each pixel in accordance with the flood condition (never, occasionally, always flooded) and its broad vegetation type: bare soils (e.g. pastures or clear cut); low vegetation (savannahs and pioneer formations); forest.

(Martinez 2004, Martinez et Le Troan 2007)



# Des densités de population importantes le long des rivières



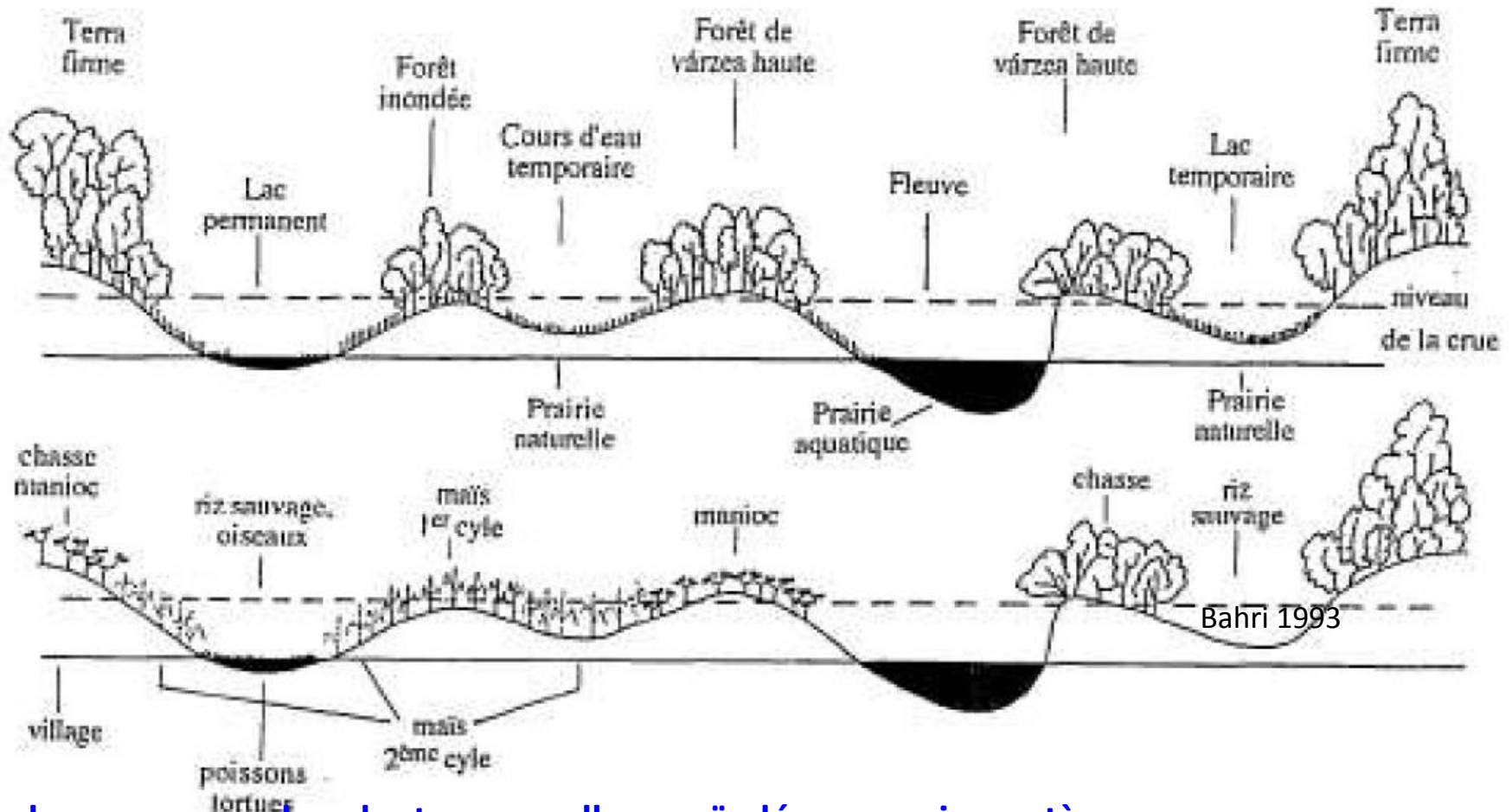


Dans le nord-ouest de l'Amazonie, l'accès à la nourriture revêt encore une forme traditionnelle (agriculture, chasse, pêche, cueillette, ..), pour grande partie (deux tiers), (Winklerprins et Souza 2005, Padoch et al 2008, Noda et al 2006, 2011).





# Variabilité de l'hydrologie: variabilité des biotopes et « étagement des cultures » (fc de la vitesse de croissance, de la qualité nécessaire des sols, ...)



En basse *varzea*, des plantes annuelles: maïs, légumes, riz, pastèques, ...

En *terra firme* / haute *varzea*, des plantes à cycles longs, des pérennes: manioc, arbres fruitiers, ..



# Cultures de décrue sur berge



Riz et arachide sur le  
bas de la berge



Nepecab



Mais, manioc, arbres  
fruitiers, .. vers le haut



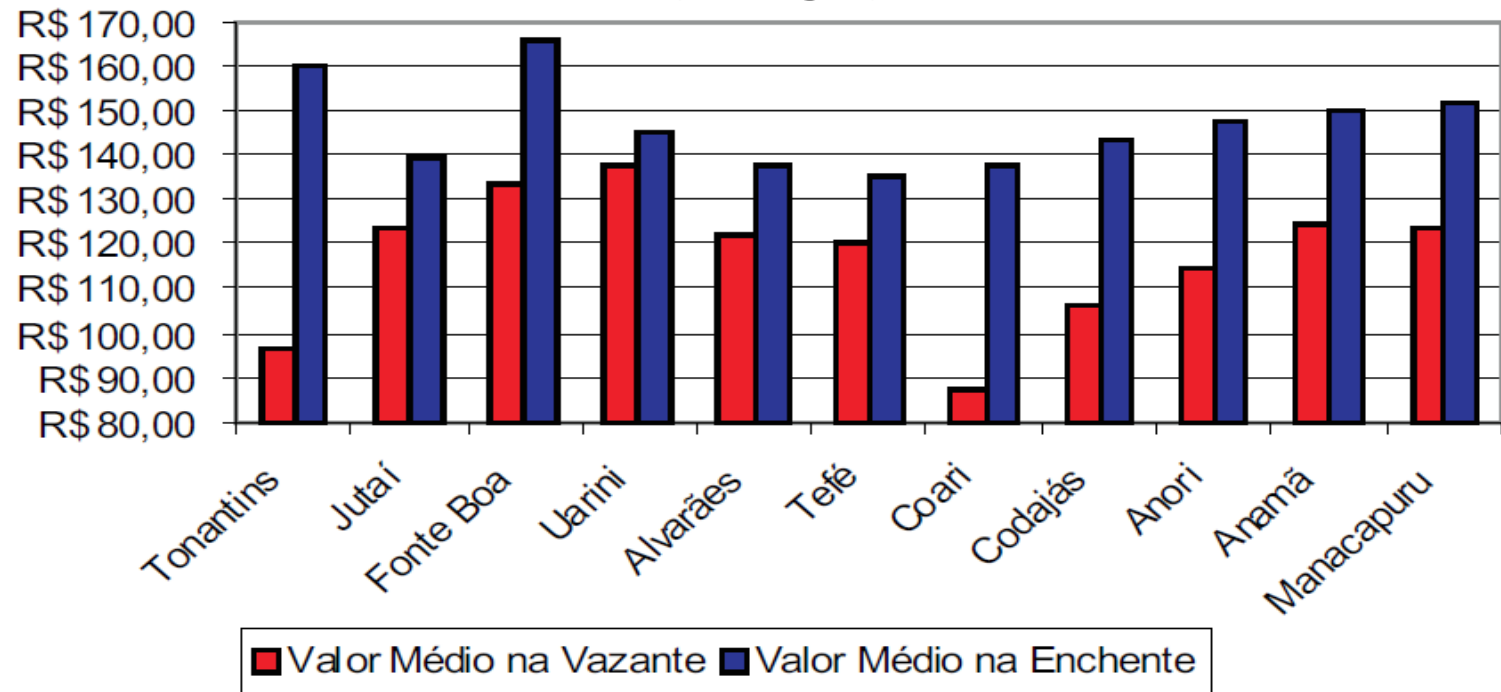
# Cultures de varzea en période de basses-eaux



**+ autre stratégies adaptatives: diversification des cultures et des sites cultivés, déplacements et échanges de produits agricoles** (Kvist et al 2001, Empeaire et al. 2008, Eloy 2008, Shermann et al 2015, ...)

# Une production locale plus importante en basse eaux: impact sur le prix des aliments

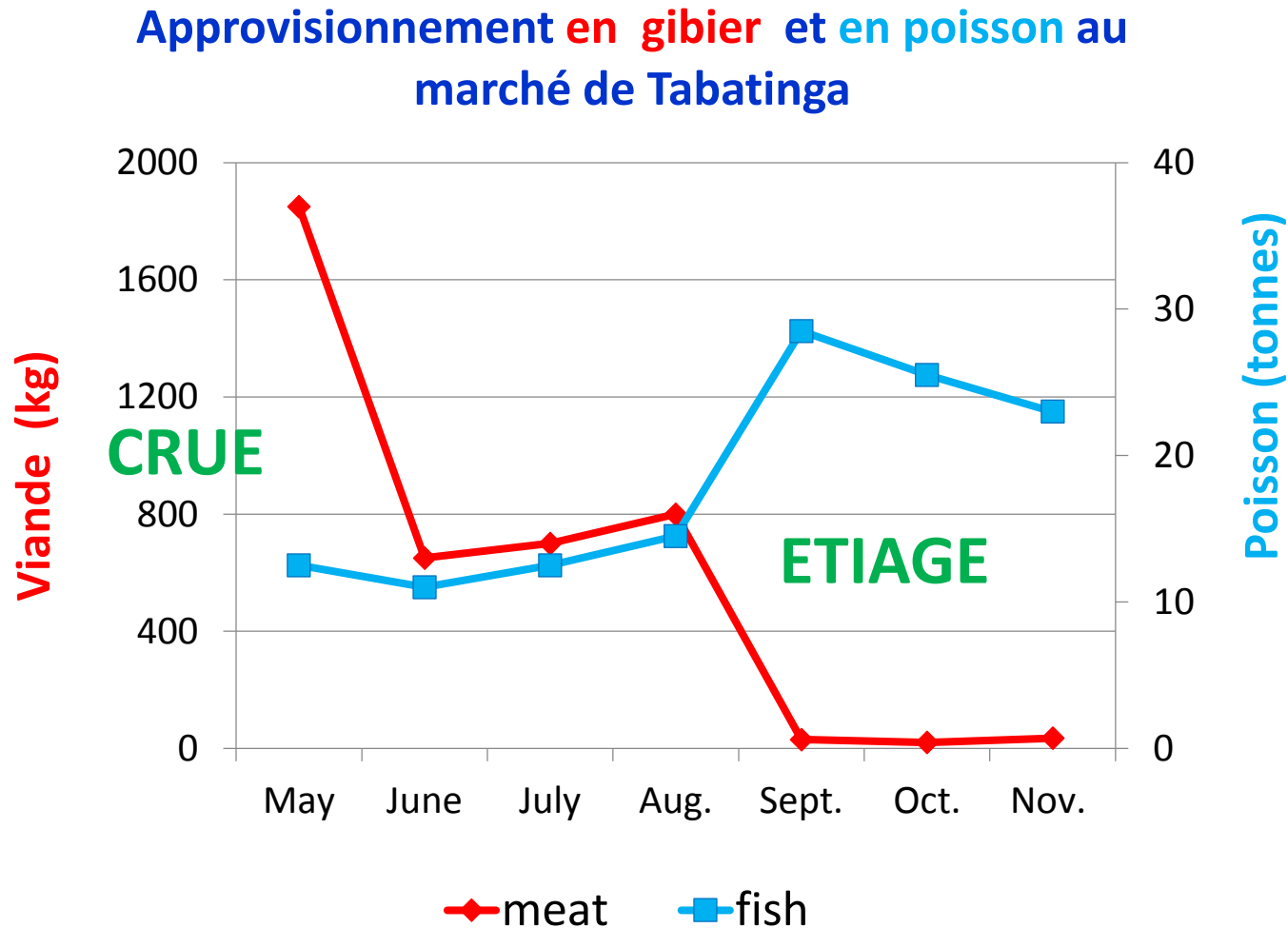
## Prix des aliments durant la crue (bleu) et l'étiage (rouge)



*Prix des produits locaux qui constituent la “cesta basica” durant la crue et l’étiage, dans 11 villes du Solimoes, 2006-2007 (Moraes e Schor 2010)*



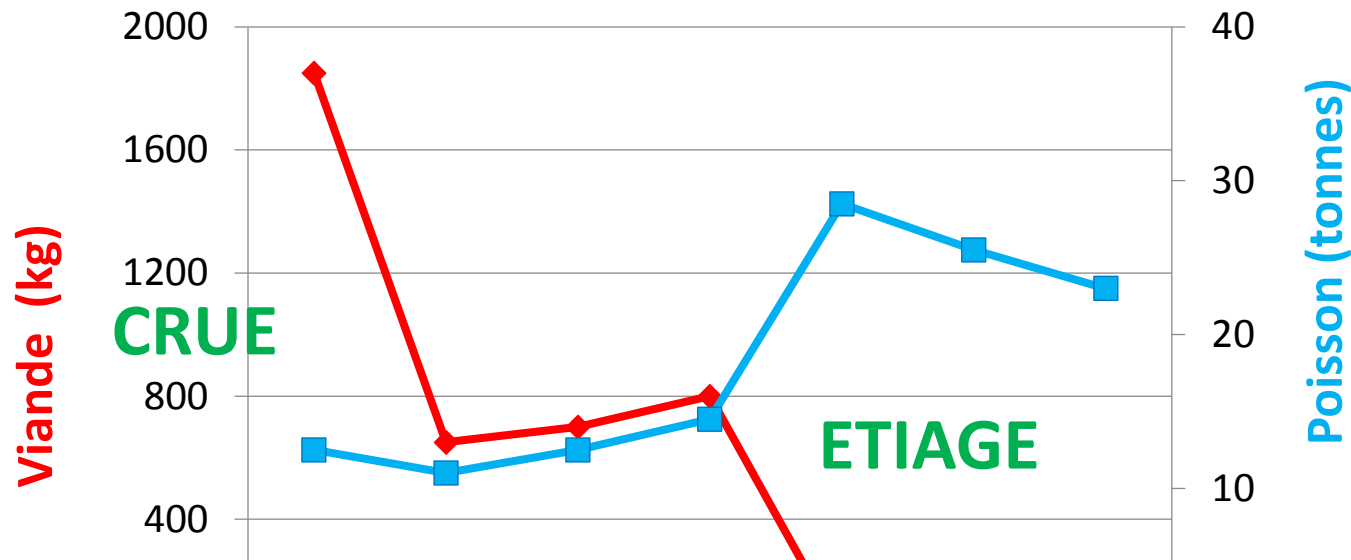
# Hydrologie et saisonnalité de l'approvisionnement



*Approvisionnement en poisson et en gibier de 3 négociants du marché de Tabatinga (mai – novembre 2015), Pinto (2015). Aussi: Kvist et al 2001, Pinho 2007, Takasaki et al 2010, Tomasella et al. 2012, ...*

# Hydrologie et saisonnalité de l'approvisionnement

## Approvisionnement en gibier et en poisson au marché de Tabatinga



L'accès aux produits locaux dépend du cycle annuel habituel de la rivière

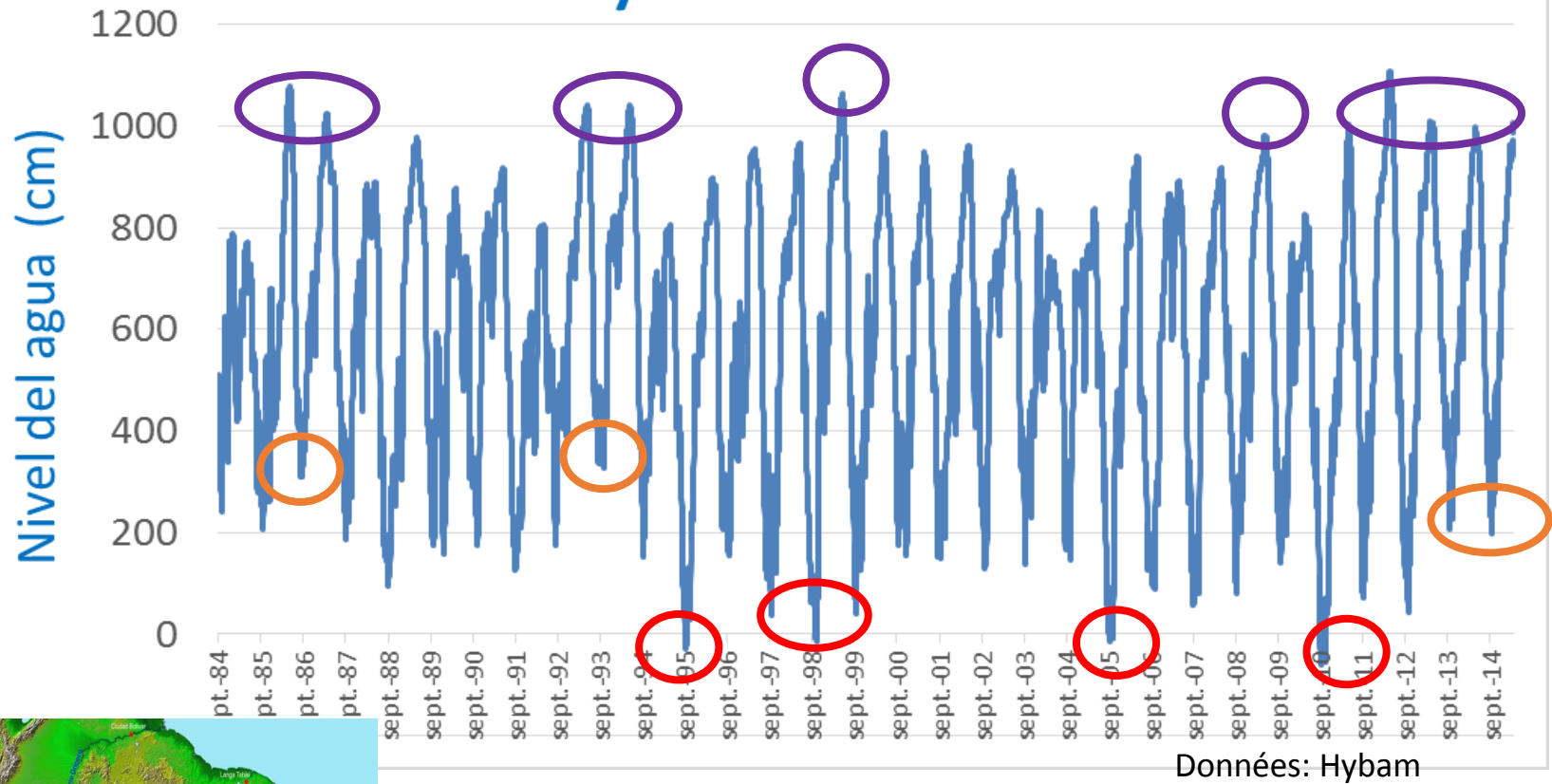
—◆— meat    —■— fish

*Approvisionnement en poisson et en gibier de 3 négociants du marché de Tabatinga (mai – novembre 2015), Pinto (2015). Aussi: Kvist et al 2001, Pinho 2007, Takasaki et al 2010, Tomasella et al. 2012, ...*



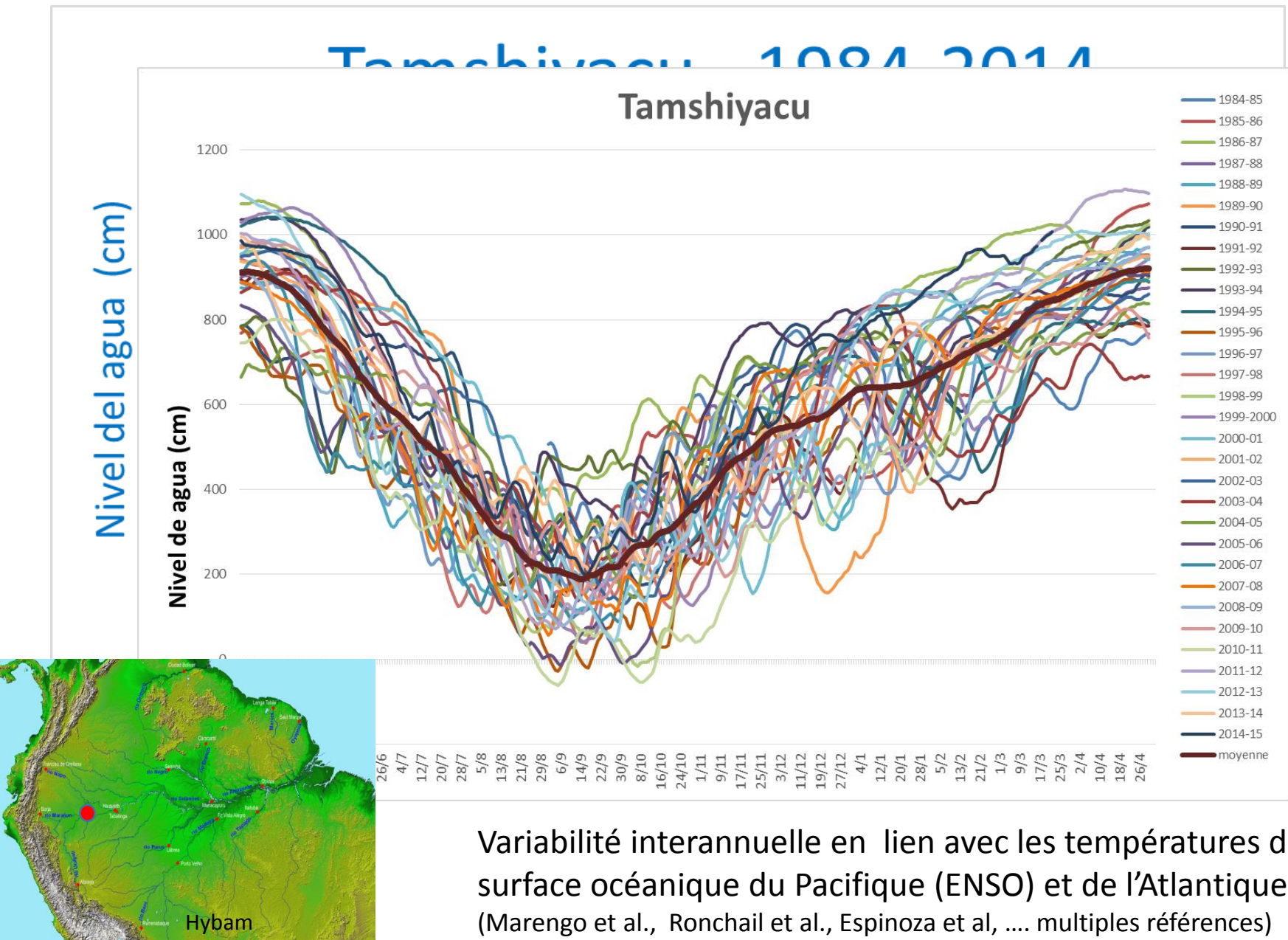
# Très forte variabilité interannuelle de l'hydrologie

## Tamshiyacu - 1984-2014



Variabilité interannuelle en lien avec les températures de surface océanique du Pacifique (ENSO) et de l'Atlantique (Espinoza et al, multiples références)

# Très forte variabilité interannuelle de l'hydrologie





# Très forte variabilité interannuelle de l'hydrologie

Tamshiyacu 1984 2014

Tamshiyacu

1200

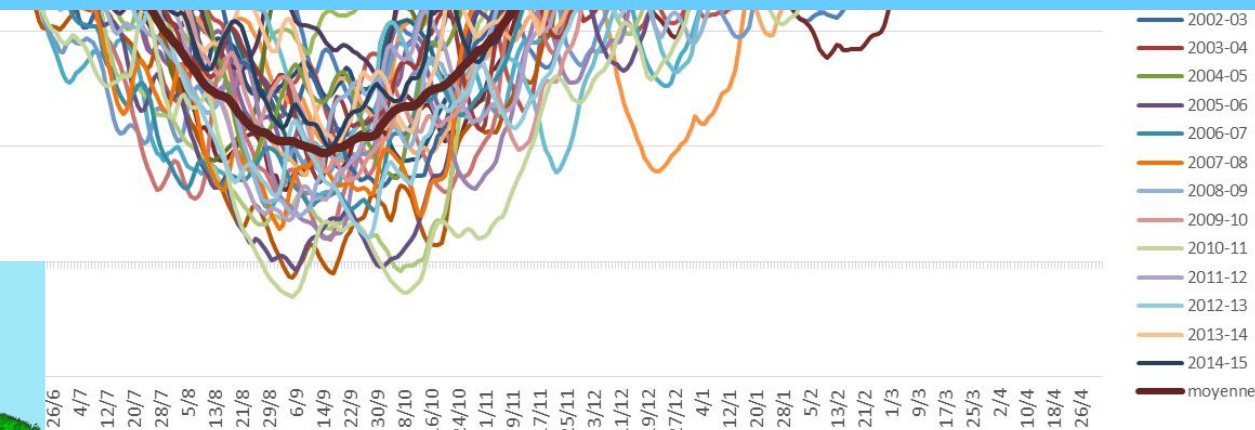
1984-85  
1985-86  
1986-87  
1987-88  
1988-89  
1989-90  
1990-91

Les extrêmes hydrologiques exercent-ils une pression telle qu'il puissent réduire les capacités adaptatives habituelles des populations, et ce d'autant plus que ces événements deviennent plus intenses et fréquents ?

Nivel

Nivel de agu

400



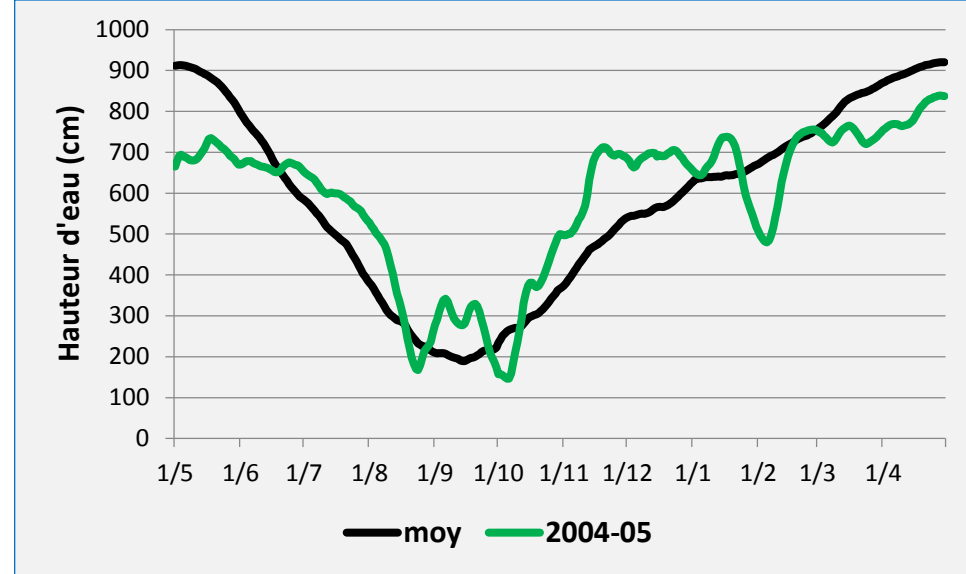
de surface océanique du Pacifique (ENSO) et de l'Atlantique (Espinoza et al, multiples références)

***Beaucoup d'affirmations dans ce sens de la part de la population locale (agriculteurs, ingénieurs et techniciens agricoles), dans la littérature (scientifique ou technique: Kvist et al 2001, Labarta et al 2007, Drapeau et al 2011, Hofmeijer et al. 2013, Pinho et al 2015, Sherman et al 2015, rapports Minag, ..), mais peu de recherche sur le lien entre hydrologie et rendements.***



## Risques identifiés:

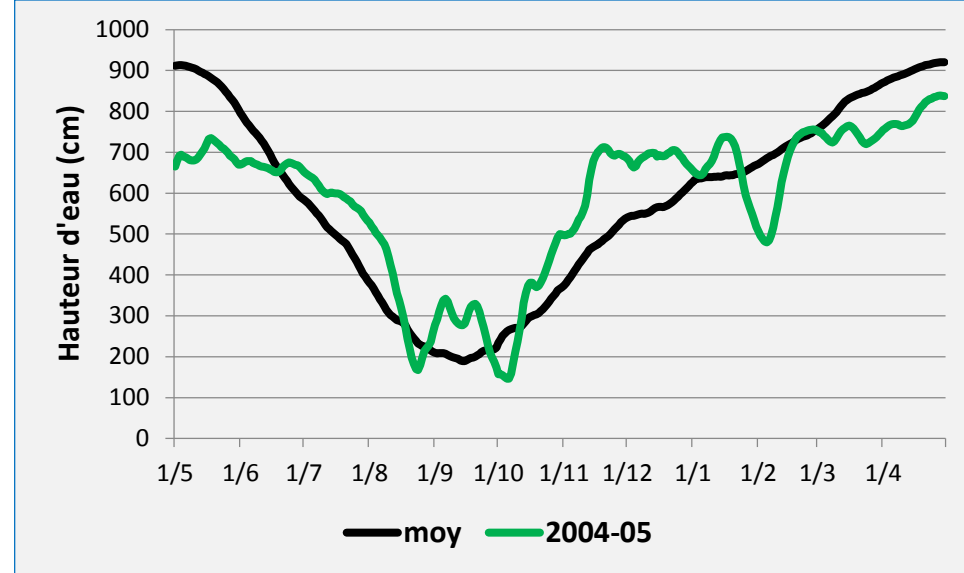
**Submersion des récoltes :**  
montée précoce des eaux  
(cultures de berges et de varzea) ,  
crue très forte (culture de “terre  
ferme”)



## Risques identifiés:

**Submersion des récoltes :**  
montée précoce des eaux  
(cultures de berges et de varzea) ,  
crue très forte (culture de “terre  
ferme”)

**Défaut de maturation des  
plantes** (période d'étiage trop  
courte)



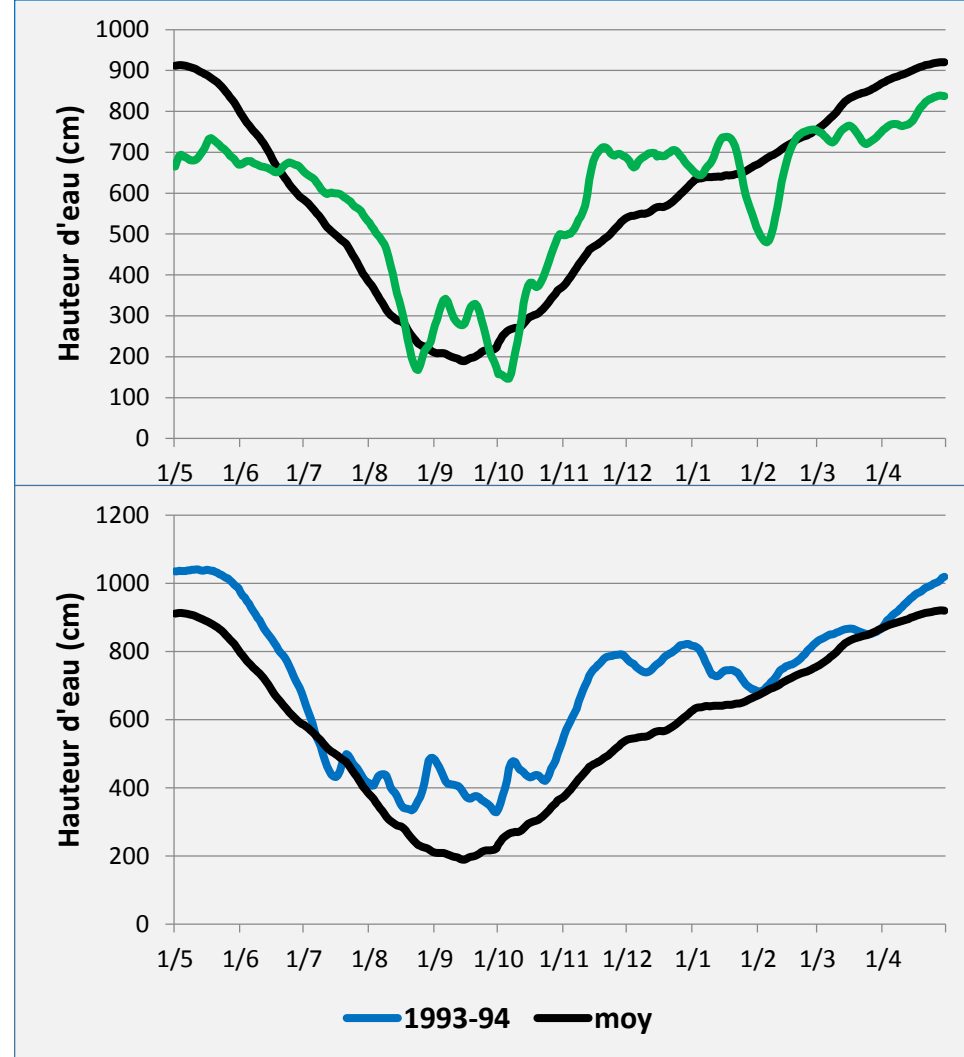


## Risques identifiés:

**Submersion des récoltes :**  
montée précoce des eaux  
(cultures de berges et de varzea) ,  
crue très forte (culture de “terre  
ferme”)

**Défaut de maturation des  
plantes** (période d'étiage trop  
courte)

**Baisse insuffisante du  
niveau de l'eau**



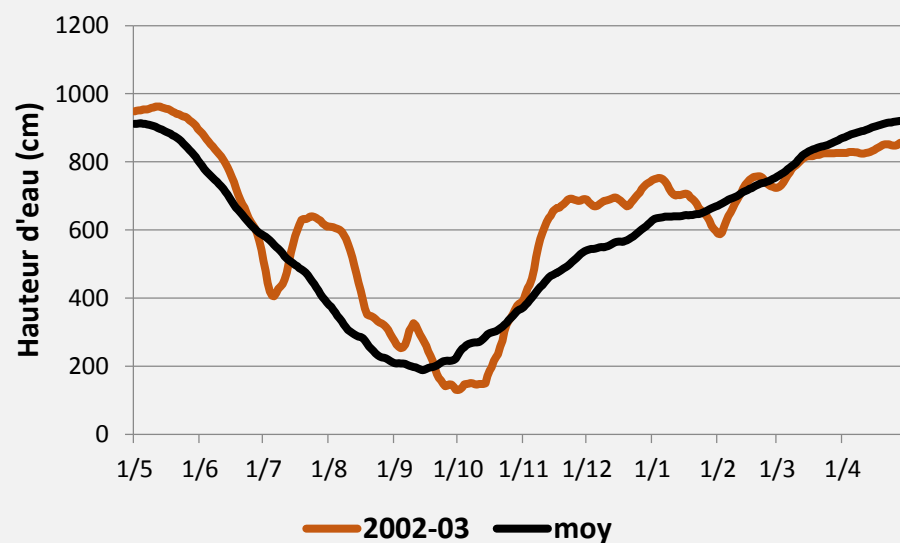
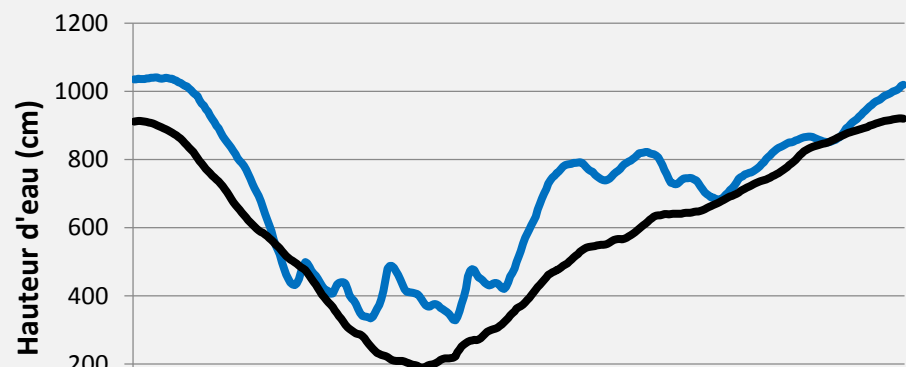
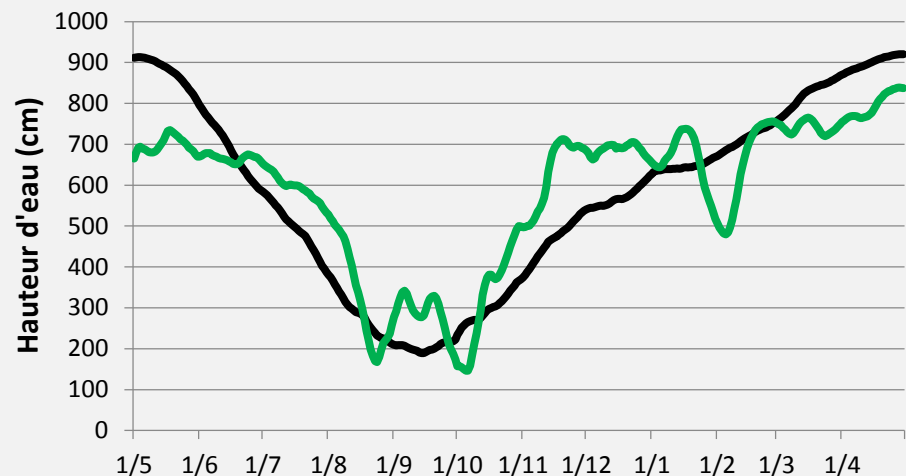
## Risques identifiés:

**Submersion des récoltes :**  
montée précoce des eaux  
(cultures de berges et de varzea) ,  
crue très forte (culture de “terre  
ferme”)

**Défaut de maturation des  
plantes** (période d'étiage trop  
courte)

**Baisse insuffisante du  
niveau de l'eau**

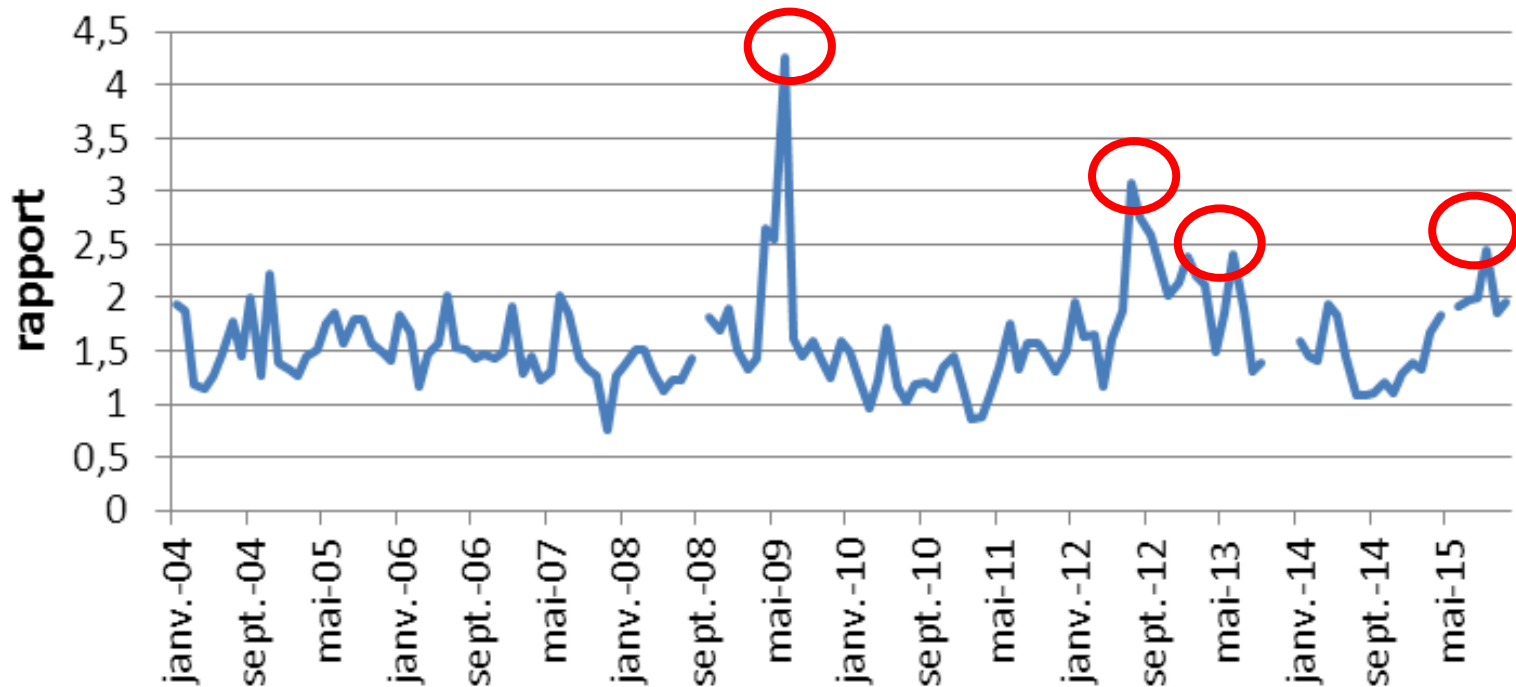
**Submersion des semences**  
(faux départ de la saison  
d'étiage « des conditions moins  
prévisibles »)





## Hydrologie et prix des aliments

### Rapport entre le prix des tomates Loreto/San Martin



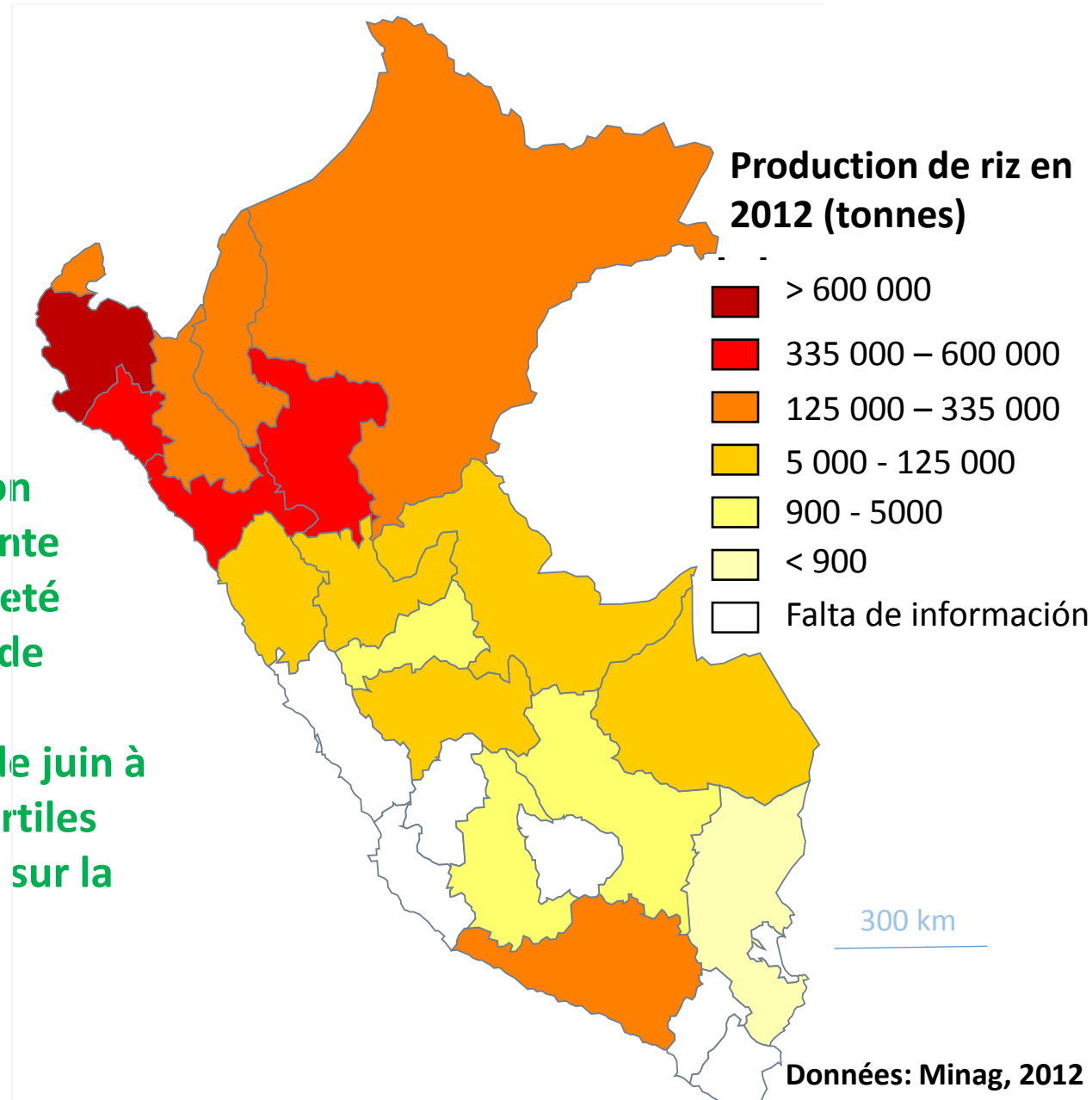
# Rôle de la variabilité du cycle hydrologique sur les rendements de riz sur les berges de l'Amazonas ?



# Rôle de la variabilité du cycle hydrologique annuel sur les rendements

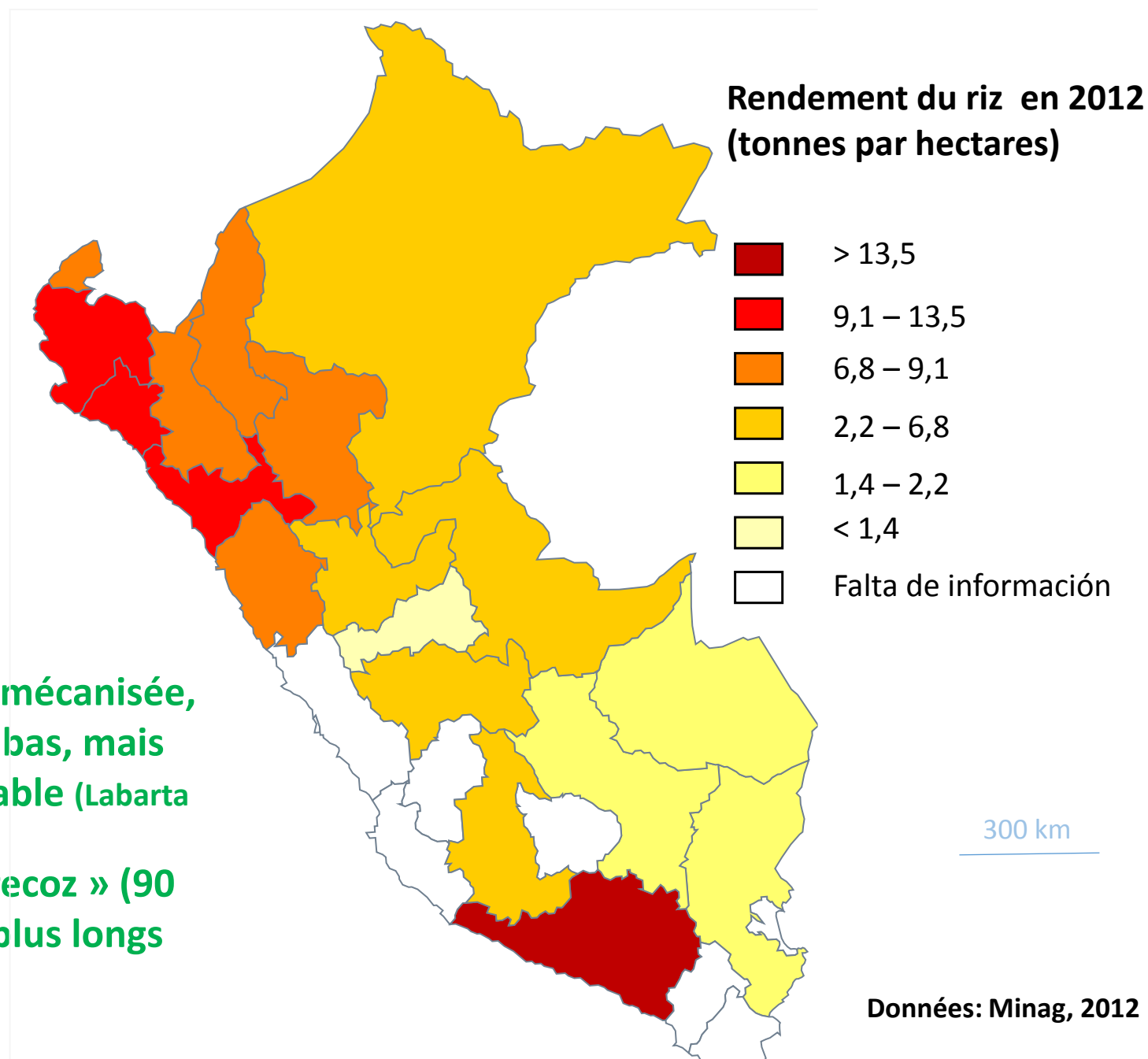
## Le riz:

- Un pilier de l'alimentation
- Une production importante
- Contribue à la souveraineté alimentaire (une partie de l'année)
- Culture durant l'étiage, de juin à octobre sur les berges fertiles (70%) et d'octobre à mai sur la "terre ferme".





# Rôle de la variabilité du cycle hydrologique annuel sur les rendements

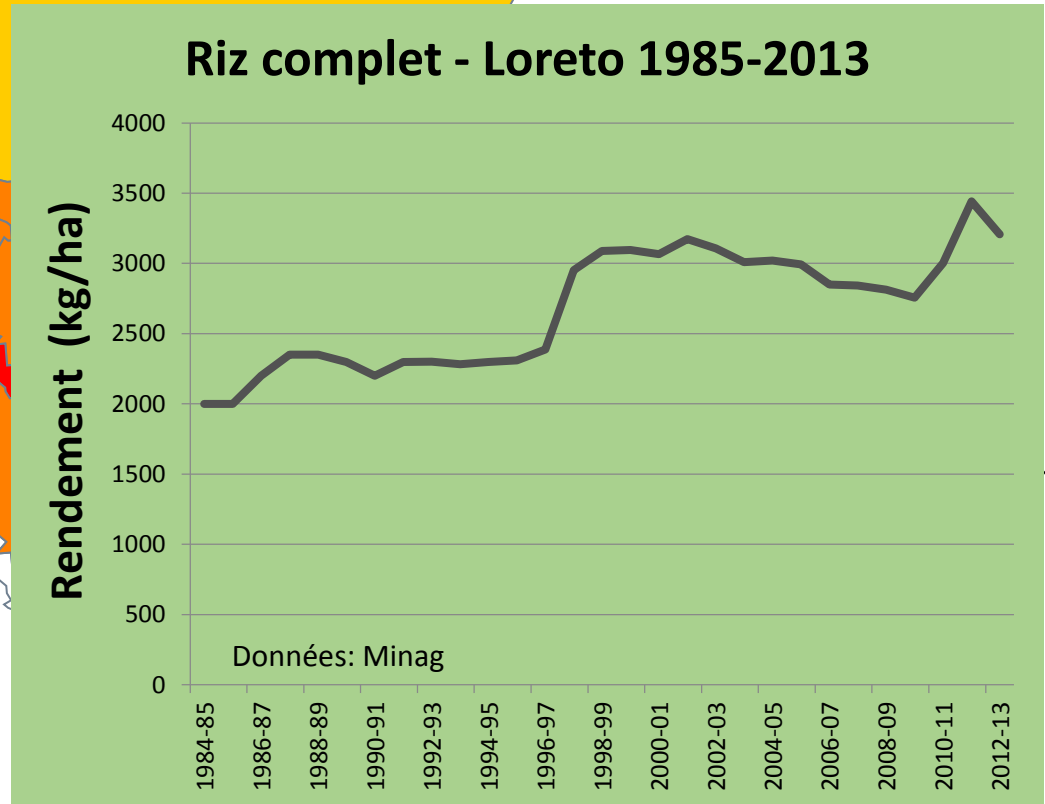


Une culture non mécanisée,  
aux rendements bas, mais  
une culture rentable (Labarta  
et al. 2007)

Des variétés « précoces » (90  
jours) et à cycle plus longs  
(120 jours)

# Rôle de la variabilité du cycle hydrologique annuel sur les rendements

Rendement du riz en 2012  
(tonnes par hectares)



Une culture non mécanisée,  
aux rendements bas, mais  
une culture rentable (Labarta  
et al. 2007)

Données: Minag, 2012

# Rôle de la variabilité du cycle hydrologique annuel sur les rendements

**Supprimer la tendance des données agricoles pour faire apparaître la variabilité due, supposément, à l'hydrologie (1985-2012)**



# Rôle de la variabilité du cycle hydrologique annuel sur les rendements

**Supprimer la tendance des données agricoles pour faire apparaître la variabilité due, supposément, à l'hydrologie (1985-2012)**

**Définition des variables clés (1985-2014):**

- Dates de début et de fin de l'étiage et durée de l'étiage
- Présence d'un faux début d'étiage
- Vitesse de remontée des eaux
- Intensité de la crue
- Pluie
- ...

# Rôle de la variabilité du cycle hydrologique annuel sur les rendements

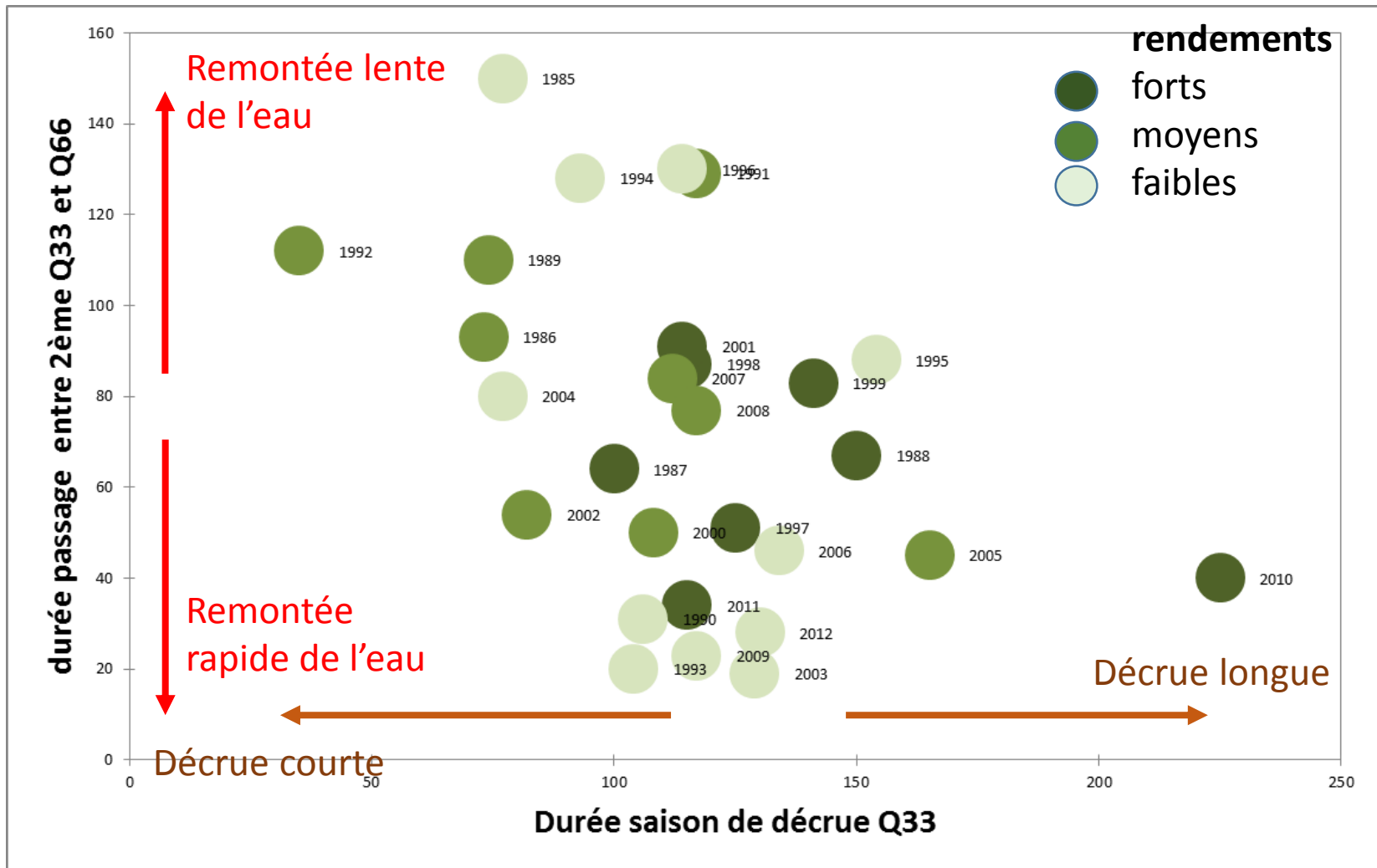
Supprimer la tendance des données agricoles pour faire apparaître la variabilité due, supposément, à l'hydrologie (1985-2012)

- Typologie des cycles hydrologiques
- Définition des variables clés (1985-2014):
  - Dates de début et de fin de l'étiage et durée de l'étiage
  - Présence d'un faux début d'étiage
  - Vitesse de remontée des eaux
  - Intensité de la crue
  - Pluie
  - ...

## Relation entre les deux ?

*Hypothèses: meilleurs rendements si la durée de la saison de décrue est longue, si l'eau remonte lentement, ...*

# Rôle de la variabilité du cycle hydrologique annuel sur les rendements





## Conclusion et perspectives:

- **Nombreuses structures du cycle hydrologique. Approfondir l'analyse de cette variabilité, en relation avec la variabilité interannuelle du cycle des pluies (thèse en cours) et la variabilité océano-atmosphérique**
- **Lien entre la structure du cycle hydrologique de la rivière et les rendements du riz en question**
- **Travailler avec d'autres produits agricoles pour lesquels on connaît mieux la qualité des données. Travailler à échelle plus locale.**
- **Continuer à investiguer avec les agronomes, agriculteurs, économistes, géomorphologues, ...:**
  - **Pourquoi l'hypothèse de départ ne se vérifie pas dans un certain nombre de cas? Quels sont les facteurs politiques, économiques (disponibilité des semences adéquates, ..) , géomorphologiques (quantité/qualité des sédiments,..), sanitaires (parasites, ..), ..., qui, comme l'hydrologie, peuvent perturber les rendements à pas de temps interannuel**
  - **Connaitre les stratégies que les agriculteurs adoptent pour éviter les mauvaises récoltes (récolte accélérée du manioc en avril 2015, ...)**

## Conclusion et perspectives:

- **Variabilité de la structure du cycle hydrologique.** Approfondir l'analyse de cette variabilité, en relation avec la variabilité interannuelle du cycle des pluies (thèse en cours) et la
- **Lien entre la s**  
**riz en question**
- **Travailler avec**  
**qualité des do**
- **Continuer à in**  
**géomorpholo**
  - **Essayer de com**  
**un certain nor**  
(disponibilité d  
des sédiments  
**perturber les**
  - **Connaitre les stratégies que les agriculteurs adoptent pour éviter les mauvaises récoltes** (récolte accélérée du manioc en avril 2015, ...)



# Projet de Laboratoire Mixte International : « EXTREMES »

« Evènements hydro-climatiques extrêmes des Andes à l'Amazonie: causes, prévisions, magnitudes futures, impacts sur l'environnement et les sociétés »

Implanté au PEROU, porté par Patricia Turc (IRD) et Jhan Carlo Espinoza (IGP)

Mots-clés : Amazonie, Andes, climat, hydrologie, sédiments, cycle du carbone, sociétés, ressources alimentaires

## Projet CNPq/ANA:

Réseau pour évaluer les impacts des changements climatiques sur la disponibilité en eau en Amazonie, la sécurité alimentaire et les infrastructures urbaines associées. (RIMA). Porteur: Naziano Filizola (UFAM)

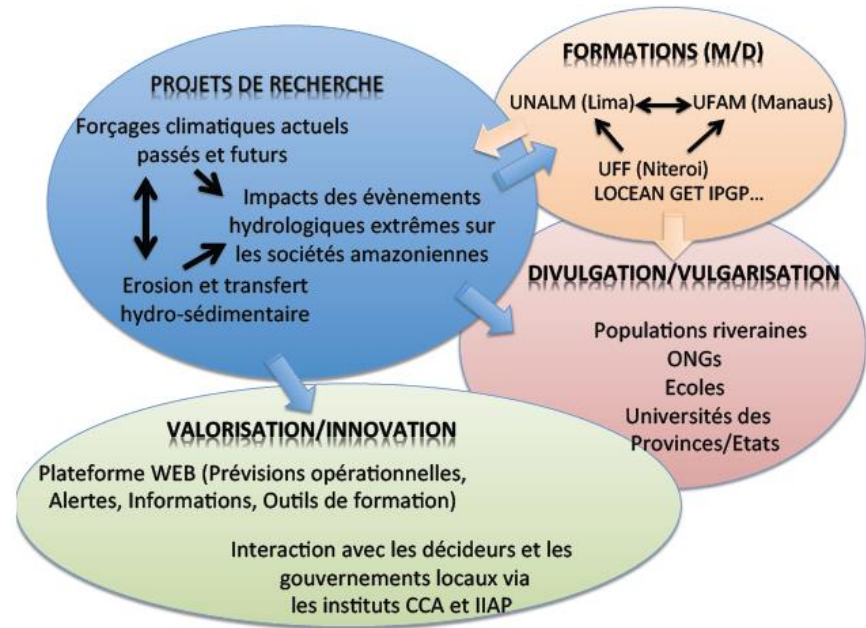


Figure 1 : Structure du LMI EXTREMES.



